# Vergleichende Studien über den Gehalt verschiedenartiger Nervensubstanz an Aschenbestandteilen.

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

der

HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTAT

der

Königlichen Vereinigten Friedrichs-Universität
Halle-Wittenberg zu Halle a. S.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Vorgelegt von

Dr. med. vet. **Arthur Weil**
Arzt und Tierarzt
aus Braunschweig.

**Berlin 1917.**
Hermann Blanke's Buchdruckerei, Berlin C. 54,
Kleine Rosenthalerstrasse 9.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Halle.

Referent: Professor Dr. Abderhalden.

Meinem verehrten Lehrer
Herrn Prof. Dr. med. Abderhalden
in Dankbarkeit gewidmet.

Unsere Kenntnisse über den Aufbau und die Funktion des Gehirns sind in den letzten Jahrzehnten ausserordentlich bereichert worden; durch das Zusammenarbeiten von Anatomen, Physiologen und Klinikern gelang es allmählich, ein ungefähres Bild über die gröbere Struktur des Gehirns zu gewinnen und seine Beziehungen zu den Lebensäusserungen des Körpers aufzuklären. Dagegen sind unsere Erfahrungen über die chemische Zusammensetzung noch sehr mangelhaft, und vollständig unaugeklärt sind die Verhältnisse zwischen Stoff und Leistung. — Die Chemie des Gehirns war lange Zeit ein Stiefkind der biologischen Forschung; teils schreckte man vor den Schwierigkeiten zurück, mit einer ungenügenden Methodik an so ungeklärte Probleme heranzutreten, teils verwarf man ein chemiches Studium des Zentralnervensystems überhaupt als ein Unding, da man philosophische Spekulationen höher schätzte als einen exakten physikaschen oder chemishen Versuch. Man kann aber sehr wohl mit Ewald Hering[1]) den Standpunkt vertreten, dass es unmöglich sei, alle Lebenserscheinungen aus rein naturwissenschaftlichen Gesetzen zu erklären; man kann sehr gut mit den „Vitalisten" das Vorhandensein einer geheimnisvollen Lebenskraft annehmen — man darf aber trotzdem noch nicht eine chemiche Erforschung des Gehirns als etwas Zweckloses verwerfen. — Wenn auch das „Wie" der Gehirnfunktion für uns stets ein ungelöstes Rätsel bleiben wird, so wird es doch gelingen, mit der fortschreitenden biologischen Forschung allmählich den chemischen Aufbau des Gehirns aufzudecken und damit in Gemeinschaft mit der anatomischen Erforschung eine bessere Zeichnung dieses Regulators der Lebensvorgänge zu erhalten.

[1]) Ewald Hering, Zur Theorie der Nerventätigkeit. Leipzig 1899.

Im engen Zusammenhange mit der Erforschung des Gehirns steht selbstverständlich auch das Studium des übrigen Nervensystems. Schon vor dreihundert Jahren befassten sich die Chemiatriker des 17. Jahrhunderts hiermit, und ein Anhänger Joh. Bapt. von Helmonts[2]), der zuerst chemsiche Ideen in die mittelalterliche Medizin einführte, der Leydener Professor De le Boe wollte alle Lebensvorgänge auf chemische Prozesse, auf Fermentation zurückführen; im Gehirn sollte eine Flüssigkeit, die Lebensgeister, ausgeschieden werden, die durch die Nervenbahnen zu den einzelnen Organen geleitet und von diesen, soweit sie nicht verbraucht waren, wieder an die Lymphgefässe abgegeben wurde, um so wieder in den Blutkreislauf zu gelangen. Aber erst im Beginn des 19. Jahrhunderts, als auch die Mediziner begannen, sich die neuen Errungenschaften der Chemie nutzbar zu machen, finden wir eingehendere Untersuchungen des Nervensystems veröffentlicht, und die Namen Fourcroy und Vauquelin sind die ersten Merksteine auf dem Wege der Gehirnchemie.

Den Fortschritten der chemischen Erkenntnis entsprechend beschäftigte man sich zuerst mit den anorganischen Bestandteilen; vollständige Aschenanalysen finden wir zum ersten Male 1877 bei Geoghegan[3]), der vier mit Alkohol extrahierte menschlische Gehirne untersuchte. Ich habe seine, für die Oxyde angegebenen, Zahlen auf die Elemente umgerechnet und erhielt so die folgende

Tabelle I.

| 1000 g frische Substanz enthalten nach Geoghegan: | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Ca . . . . | 0,005 | 0,020 | 0,014 | 0,020 |
| Mg . . . . | 0,016 | 0,068 | 0,060 | 0,072 |
| P . . . . . | 0,457 | 0,313 | 0,658 | 0,455 |
| S . . . . . | 0,076 | 0,034 | 0,045 | 0,044 |
| Cl . . . . | 1,2 | 0,43 | 1,32 | 1,06 |
| Na . . . . | 1,00 | 0,45 | 1,11 | 0,78 |
| K . . . . | 1,63 | 0,58 | 1,77 | 1,52 |
| Fe . . . . | 0,0024 | 0,022 | 0,022 | 0,0073 |

[2]) A. Hirsch, Geschichte der medizinischen Wissenschaft. München und Leipzig 1893.

[3]) E. G. Geoghegan, Ueber die anorganischen Gehirnsalze nebst einer Bestimmung des Nucleins. Zeitschrift für physiologische Chemie, Band I, S. 330. 1877/78.

Ein flüchtiger Blick auf diese Tabelle zeigt, dass die Werte vollständig unbrauchbar sind, da sie bis zum Vierfachen ihres Betrages differieren. Auch zwischen den Analysen anderer Autoren finden sich Unterschiede. Ich habe die einzelnen, in der Literatur zerstreuten Werte tabellarisch zusammengestellt

Tabelle II.

1000 g frische Substanz enthalten g Asche:

| Beobachter | Gesamthirn | Grau | Weiss | Rückenmark | Nerven |
|---|---|---|---|---|---|
| Abderhalden und Weil[4)5)] . . . . | — | 1,53* | 2,38* | 1,91* | 1,07* |
| Geoghegan[3)] . . . | 0,64** | — | — | — | — |
| Forster[6)] . . . . | 1,58 | — | — | — | — |
| Masuda[7)] . . . . | 1,47 | — | — | — | — |
| Petrowsky[8)] . . . | — | 2,6 | 1,8 | — | — |
| Thudichum[9)] . . . | — | 1,0 | 1,7 | — | — |
| Volkmann[10)] . . . | 1,41 | — | — | — | — |

*) Rinderorgane. ** Nach Extraktion mit Salzsäure und Aether.

Tabelle III.

1000 g frische Gehirnsubstanz enthalten:

| Beobachter | K | Na | Ca | Mg | Fe | P | S | Cl | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| v. Bibra[11)] . . . . | — | — | — | — | — | 3,47 | — | — | |
| Forster[6)] . . . . . | — | — | — | — | 0,07 | 2,6 | — | — | |
| Koch[12)] . . . . . | — | — | — | — | — | — | 0,73 * 1,48 ** | — | *Grau **Weiss |
| Kutanin[13)] . . . . | — | — | — | — | — | 3,04 § | — | — | §Kälbergehirn |
| Langlois u. Richet[14)] . | — | — | — | — | — | — | — | 1,39 | |
| Magnus-Levy[15)] . . . | — | 0,85 | 0,11 | 0,23 | 0,08 | — | — | 1,30 | |
| Masuda[7)] . . . . . | — | — | — | — | — | 2,6 | — | — | |
| Nencki[16)] . . . . . | — | — | — | — | — | — | — | 1,41 | |
| Novi[17)] . . . . . | 3,93 | 0,90 | — | — | — | — | — | 1,28 | |
| Schulz[18)] . . . . . | — | — | — | — | — | — | 1,29 | — | |
| Simon[19)] . . . . . | — | — | — | — | — | 3,64 § | — | — | |
| Thudichum[9)] . . . . | 0,60 | 0,82 | — | — | — | — | — | — | |
| Wahlgren[20)] . . . . | — | — | — | — | — | — | — | 1,40 | |
| Zaleski[21)] . . . . . | — | — | — | — | 0,083 | — | — | — | |
| Durchschnitt . . . . | — | 0,86 | 0,11 | 0,23 | 0,08 | 2,9 | 1,29 | 1,36 | |

[4)] E. Abderhalden und A. Weil, Vergleichende Untersuchungen über den Gehalt der verschiedenen Bestandteile des Nervensystems an Aminosäuren. Zeitschr. f. physiologische Chemie, Bd. 81, S. 207. 1912.

Eine Erklärung für diese Unterschiede der Analysenresultate, die wohl kaum einer mangelhaften Methodik zuzuschreiben sind, geben meine weiter unten niedergelegten

---

[5]) Dieselben, II. Mitteilung. Zeitschr. f. physiologische Chemie, Bd. 83, S. 425. 1912.

[6]) J. Forster, Versuch über die Aschenbestandteile der Nahrung. Zeitschrift für Biologie, Bd. 9, S. 363. 1873.

[7]) N. Masuda, Beitrag zur Analyse des Gehirns, Biochemische Zeitschrift, Bd. 25, S. 161. 1910.

[8]) D. Petrowsky, Zusammensetzung der grauen und weissen Substanz des Gehirns. Archiv f. d. gesamte Physiologie, Bd. 7, S. 367. 1873.

[9]) J. L. W. Thudichum, Die chemische Konstitution des Gehirns des Menschen und der Tiere. Tübingen 1901.

[10]) Nach Vierordt, Anatomische, physiologische und physikalische Daten und Tabellen. Jena 1888.

[11]) v. Bibra, Ueber das Gehirn. Annalen der Chemie, Neue Reihe, Band 9, S. 201. 1853.

[12]) W. Koch, Zur Kenntnis der Schwefelverbindungen des Nervensystems. Zeitschrift für physiologische Chemie, Bd. 53, S. 496, 1907 und Bd. 70, S. 94, 1910.

[13]) M. Kutanin, Beiträge zur Kenntnis der chemischen Zusammensetzung des Gehirns bei verschiedenen Tieren. Dissertation. Berlin 1910.

[14]) Langlois und Richet, Chlorgehalt der Organe. Journal de Physiologie et de Pathologie générale. 1900. S. 471.

[15]) A. Magnus-Levy, Ueber den Gehalt normaler menschlicher Organe an Chlor, Calcium, Magnesium und Eisen, sowie an Wasser, Eiweiss und Fett. Biochemische Zeitschrift, Bd. 24, S. 363. 1910.

[16]) M. Nencki und E. O. Schoumow-Simanowsky, Studien über das Chlor und die Halogene im Tierkörper. Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie, Bd. 34, S. 313. 1894.

[17]) J. Novi, Einfluss des Chlornatriums auf die chemische Zusammensetzung des Gehirns. Archiv für die gesamte Physiologie, Bd. 48, S. 320. 1891.

[18]) H. Schulz, Ueber den Schwefelgehalt menschlicher und tierischer Gewebe. Archiv für die gesamte Physiologie, Bd. 54, S. 561. 1893.

[19]) Fr. Simon, Zur Kenntnis der Autolyse des Gehirns. Zeitschr. f. physiologische Chemie, Bd. 72, S. 463. 1911.

[20]) V. Wahlgren, Ueber die Bedeutung der Gewebe als Chlordepots. Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie, Bd. 61, S. 97. 1909.

[21]) St. Zaleski, Das Eisen der Organe bei Morbus maculosus Werlhoffii. Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie, Bd. 23, S. 80. 1881.

Analysen der grauen und weissen Substanz: Sämtliche Autoren, mit Ausnahme von Koch und Thudichum, untersuchten die gesamte Hirnsubstanz, ohne in Grau und Weiss zu trennen; sie berücksichtigten nicht, dass beide eine verschiedene Zusammensetzung haben, und deshalb erhielten sie bei der nicht einheitlichen Probeentnahme stets wechselnde prozentuale Verhältnisse von Grau und Weiss in den einzelnen Proben — und damit verschiedene Analysenresultate. — In den Fällen, wo diese Trennung erfolgte, stimmen die Zahlen auch bis auf wenige Prozente bei den einzelnen Autoren überein. Meistens aber hielt man diese Scheidung nur bei der Bestimmung des Wassergehaltes für nötig. Eine tabellarische Zusammenstellung der in der Literatur zerstreuten Werte zeigt deshalb auch, dass wir für den Wassergehalt des Gehirns jetzt genügend genaue Werte besitzen.

Tabelle IV.

Auf 100 g frische Substanz entfallen g Wasser:

| Beobachter | Gesamt | Grau | Weiss |
|---|---|---|---|
| Bernhardt[22]) | — | 85,9 | 70,1 |
| v. Bibra[23]) | 75,6 | — | — |
| Bourgoin[24]) | 79 | 83 | 73,5 |
| Forster[6]) | 79,2 | 85,4 | 70,1 |
| Fremy[25]) | 80 | — | — |
| Hauff u. Walther[26]) | — | 85,7 | — |
| Lassaigne[27]) | — | — | 70 |
| Magnus-Levy[15]) | 77,9 | — | — |
| Noll[28]) | — | 84,4 | 70,5 |
| Novi[17]) | — | 80,5 | — |
| Petrowsky[8]) | — | 81,6 | 68,3 |
| H. Schulz[18]) | 75,9 | — | — |
| N. Schulz[29]) | 73,7 | — | — |
| Thudichum[9]) | — | 85,3 | 70,2 |
| Durchschnitt | 77,3 | 84,0 | 70,4 |

[22]) M. Bernhardt, Ueber den Wassergehalt des menschlichen Zentralnervensystems nebst einigen Untersuchungen des konstanten Stromes auf denselben. Virchows Archiv, Bd. 64, S. 297. 1875.

[23]) v. Bibra, Vergleichende Untersuchungen über das Gehirn der Menschen und Wirbeltiere. Mannheim 1854.

Eine weitere Fehlerquelle liegt in der Art der Berechnung; meistens wurden die gewonnenen absoluten Zahlen nur auf die wasserfreie Gehirnsubstanz bezogen; man erhielt dadurch, ebenso wie bei der einseitigen Umrechnung auf das lebendfrische Organ ein falsches Bild von der prozentualen Zusammensetzung. Erst durch die Kombination beider und durch den Vergleich mit dem Prozentgehalt der Asche an den einzelnen Bestandteilen gewinnt man eine Vorstellung von den Beziehungen zwischen Zentralorgan und Leitungsbahnen. Nach diesem Grundsatze stellte ich auch die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zusammen.

Ich versuchte zunächst die Frage zu lösen: Wie unterscheiden sich Zentralorgan und Leitungsbahnen in bezug auf ihre anorganischen Bestandteile? Gleichzeitig aber suchte ich die Beziehungen zwischen dem Nervensystem des Menschen und dem der höher organisierten Tiere festzustellen. — Zu diesen vergleichenden Untersuchungen wählte ich die nervösen Organe von Rindern, weil sich die meisten bisher veröffentlichten Arbeiten über die Chemie des Gehirns mit diesen beschäftigen, und weil ich mir das nötige Material stets lebendfrisch am Schlachthof von gesunden Tieren besorgen konnte. — Schwieriger war es, einwandfreie menschliche Organe zu erhalten; ich gelangte aber durch das liebenswürdige Entgegenkommen der pathologischen Institute der Universität Halle und des Krankenhauses Magdeburg-Sudenburg in den Besitz von vier Ge-

---

[24]) Bourgeoin, Recherches chimiques sur le cerveau. Paris 1866.

[25]) E. Fremy, Untersuchungen über das Gehirn. Annalen der Chemie, Bd. 40, S. 69. 1841.

[26]) Hauff und Walther, Untersuchungen über das Gehirn. Annalen der Chemie und Pharmazie. 1833. S. 45.

[27]) Nach Vierordt, Anatomische, physiologische und physikalische Daten und Tabellen. Jena 1888.

[28]) A. Noll, Ueber die quantitativen Beziehungen des Protagons zum Nervenmark. Zeitschr. f. physiologische Chemie, Bd. 27, S. 370. 1899.

[29]) Fr. N. Schulz, Ueber die Verteilung von Fett und Eiweiss beim mageren Tier. Archiv f. d. gesamte Physiologie, Bd. 66, S. 154. 1897.

hirnen, die bei der Sektion keine pathologischen Veränderungen gezeigt hatten; es handelte sich in allen vier Fällen um Organe erwachsener männlicher Individuen, von denen drei an akuten Infektionskrankheiten zu Grunde gingen (II und III der Tabellen an Pneumonie, IV an Typhus abbominalis) und (I) durch einen Unglücksfall ad exitum kam. Das menliche Rückenmark und die peripheren Nerven stammen von zwei Fällen von Peritonitis. —

Die in den folgenden Tabellen niedergelegten Zahlen sämtlicher anorganischen Bestandteile der verschiedenen Teile des Nervensystems sind Durchschnittswerte der im experimentellen Teile ausführlich wiedergegebenen Analysenwerte.

Tabelle V.

1000 g lebendfrische Substanz enthalten:

| | Mensch | | | | Rind | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Gehirn | | | Rückenmark | Gehirn | | | Rückenmark |
| | Grau | Kleinhirn | Weiss | | Grau | Kleinhirn | Weiss | |
| 1. Ca . . . . | 0,104 | 0,103 | 0,142 | 0,179 | 0,132 | 0,128 | 0,163 | 0,321 |
| 2. Mg . . . . | 0,196 | 0,203 | 0,260 | 0,380 | 0,230 | 0,227 | 0,411 | 0,483 |
| 3. P . . . . . | 2,39 | 2,58 | 4,21 | 5,48 | 2,54 | 2,83 | 4,33 | 5,17 |
| 4. S . . . . . | 0,56 | 0,61 | 0,92 | 0,85 | 0,59 | 0,60 | 0,98 | 1,04 |
| 5. Cl . . . . | 1,13 | 1,08 | 1,51 | 1,52 | 1,23 | 1,41 | 1,76 | 1,30 |
| **Sa. von 1—5** | **4,380** | **4,576** | **7,042** | **8,409** | **4,722** | **5,195** | **7,644** | **8,314** |
| 6. Na . . . . | 2,03 | 2,20 | 2,25 | 2,01 | 1,05 | 1,18 | 1,44 | 1,34 |
| 7. K . . . . . | 3,45 | 3,49 | 3,38 | 3,61 | 3,40 | 3,05 | 2,50 | 2,61 |
| 8. Fe . . . . | 0,068 | 0,050 | 0,064 | 0,055 | 0,048 | 0,057 | 0,074 | 0,051 |
| **Sa. von 6—8** | **5,538** | **5,740** | **5,694** | **5,675** | **4,498** | **4,287** | **4,014** | **4,001** |
| Gesamtasche | 9,918 | 10,316 | 12,736 | 14,084 | 9,220 | 9,482 | 11,658 | 12,315 |
| Wasser . . . | 833 | 815 | 702 | 644 | 820 | 800 | 712 | 631 |
| Stickstoff . . . | 16,5 | 17,2 | 17,1 | 15,9 | 16,1 | 15,8 | 16,9 | 14,7 |

Tabelle VI.

1000 g wasserfreie Trockensubstanz enthalten:

| | Mensch | | | | Rind | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Gehirn | | | Rückenmark | Gehirn | | | Rückenmark |
| | Grau | Kleinhirn | Weiss | | Grau | Kleinhirn | Weiss | |
| 1. Ca . . . . | 0,62 | 0,56 | 0,48 | 0,70 | 0,73 | 0,64 | 0,57 | 0,87 |
| 2. Mg . . . | 1,17 | 1,11 | 0,87 | 1,48 | 1,28 | 1,14 | 1,42 | 1,31 |
| 3. P . . . . . | 14,30 | 13,95 | 14,12 | 21,4 | 14,1 | 14,2 | 15,1 | 14,0 |
| 4. S . . . . . | 3,35 | 3,30 | 3,08 | 3,32 | 3,28 | 3,00 | 3,41 | 2,82 |
| 5. Cl . . . . . | 6,76 | 5,85 | 5,07 | 5,94 | 6,82 | 7,05 | 6,12 | 3,52 |
| **Sa. von 1—5** | **26,20** | **24,77** | **23,62** | **32,88** | **26,21** | **26,03** | **26,62** | **22,52** |
| 6. Na . . . . | 12,16 | 11,89 | 7,52 | 7,85 | 5,85 | 5,90 | 5,00 | 3,64 |
| 7. K . . . . . | 20,65 | 18,85 | 11,35 | 14,10 | 18,9 | 15,3 | 8,70 | 7,10 |
| 8. Fe . . . . | 0,35 | 0,27 | 0,55 | 0,22 | 0,27 | 0,29 | 0,20 | 0,14 |
| **Sa. von 6—8** | **33,16** | **31,01** | **19,42** | **22,17** | **25,02** | **21,49** | **13,90** | **10,88** |
| Gesamtasche | 59,36 | 55,78 | 43,14 | 55,05 | 51,23 | 47,52 | 40,52 | 33,40 |

Tabelle VII. — Zusammensetzung der Asche.

100 g Gesamtasche enthalten:

| | Mensch | | | | Rind | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Gehirn | | | Rückenmark | Gehirn | | | Rückenmark |
| | Grau | Kleinhirn | Weiss | | Grau | Kleinhirn | Weiss | |
| 1. Ca . . . | 1,0 | 1,0 | 1,1 | 1,3 | 1,4 | 1,3 | 1,4 | 2,6 |
| 2. Mg . . | 1,9 | 2,1 | 2,0 | 2,7 | 2,5 | 2,4 | 3,5 | 3,9 |
| 3. P . . . | 24,1 | 25,0 | 32,8 | 39,0 | 27,5 | 29,9 | 37,3 | 41,9 |
| 4. S . . . | 5,6 | 5,9 | 7,1 | 6,0 | 6,4 | 6,3 | 8,4 | 8,6 |
| 5. Cl . . . | 11,4 | 10,5 | 11,8 | 10,8 | 13,3 | 14,9 | 15,2 | 10,5 |
| 6. Na . . . | 20,8 | 21,2 | 17,6 | 14,2 | 11,4 | 12,4 | 12,3 | 10,9 |
| 7. K . . . | 34,8 | 33,7 | 26,3 | 25,6 | 37,0 | 32,2 | 21,4 | 21,2 |
| 8. Fe . . . | 0,6 | 0,6 | 1,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,5 | 0,4 |

Zu der letzten Tabelle füge ich noch einige Bemerkungen hinzu: Wie sich beim Vergleich der Zahlen für die Gesamtasche aus Tabelle V mit denen anderer Autoren in Tabelle II ergibt, sind die Zahlen hierfür bisher stets zu niedrig angegeben, und nur wenige entsprechen annähernd der Wirk-

lichkeit, wenn man noch dazu berücksichtigt, dass ich die Analysen stets auf die reinen Elemente und nicht auf die bei der Verbrennung entstehenden Oxyde berechnet habe. — Da man bei der trockenen Veraschung ohne Zusatz von Natriumkarbonat nie Verluste an P, S und Cl vermeiden kann, habe ich auf die direkte Bestimmung der Gesamtasche überhaupt verzichtet und habe sie, sowie das prozentuale Verhältnis der einzelnen Elemente zu einander aus der Summe der Einzelbestimmungen berechnet.

## Experimenteller Teil.

Eine absolute Trennung von grauer und weisser Substanz ist mit unseren heutigen Hilfsmitteln nicht gut möglich; man kann aber bei Verwendung genügender Substanzmengen eine praktisch ausreichende Trennung schon dadurch erzielen, dass man nach dem Abziehen der Hirnhäute mit einem Skalpellstiel vorsichtig die Rinde abschabt und die weisse Substanz in schmalen, prismatischen Streifen herauspräpariert. Eine gute Kontrolle für die Reinheit ist die Bestimmung des Wassergehaltes (im Durchschnitt Grau 84%, Weiss 70%). Da bei der sorgfältigen präparativen Trennung eine vollständige Ausnützung des vorhandenen Materials nicht möglich war, erhielt ich von einem Gehirn meist vier bis fünf Portionen zu 20—35 g. — Nachdem die frische Substanz zunächst gewogen, dann blutfrei gewaschen war, veraschte ich zwei bis drei dieser Portionen nach der Neumann'schen Methode, den Rest trocken; bei der Bestimmung von S mit Zusatz von $Na_2CO_3$, bei der Analyse von K und Na ohne diesen.

Calcium bestimmte ich nur als $CaSO_4$ durch Fällung mit Alkohol aus dem Säuregemische nach den von Hanslian[30]) verbesserten Vorschriften Arons[31]), da die Anfangs zur Kontrolle ausgeführte Titration des Oxalats unzuverlässige und wechselnde Resultate gab. — Magnesium und

[30]) R. Hanslian, Handbuch der biochemischen Arbeitsmethoden, Band 7.

[31]) H. Aron, Handbuch der biochemischen Arbeitsmethoden, Bd. 1.

Phosphor wurden als Ammoniummagnesiumphosphat gefällt und als Magnesiumpyrophosphat gewogen. — Schwefel bestimmte ich als $BaSO_4$. — Eisen wurde titrimetrisch bestimmt, nach den Angaben Hanslians[30]) durch Ausfällen mit Zinkphosphat, Lösen des Niederschlages in Salzsäure und Titration des aus KJ in Freiheit gesetzten Jods durch geaichte Natriumthiosulfatlösung unter Zusatz von Stärke als Indikator. Ich erhielt so etwas niedrigere Werte, als bis jetzt für Eisen, das als Phosphat gefällt und berechnet war, angegeben wurden (vgl. Tabelle III). — Natrium und Kalium wog ich zuerst als Chlorid, nachdem alle übrigen Aschebestandteile aus dem salzsauren Extrakt der trocken veraschten Substanz durch $BaCl_2$, $NH_3$ und $(NH_4)_2CO_3$ gefällt worden waren. Durch wiederholtes Abrauchen mit konzentrierter Schwefelsäure wurden die Chloride in die Sulfate übergeführt, als solche wiederum gewogen und das Verhältnis von K zu Na nach der Gleichung berechnet: Prozentgehalt des Chloridgemisches an $NaCl = 2155{,}4 \times \frac{gl}{g} - 2518{,}9$ (gl Gewicht der Sulfate, g das der Chloride.)[32])

Zur Bestimmung des Chlors bediente ich mich einer von mir konstruierten Vorrichtung, die aus einem Jenaer Kjeldahl-Kolben mit eingeschliffenem Aufsatz bestand; in den letzteren war ein dünnes Glasrohr mit Hahn eingeschmolzen, das bis etwa 5 cm vom Boden des Kolbens entfernt war, und ein zweites, gebogenes, kürzeres von nur etwa 10 cm Länge. Dieses kürzere war durch einen parafinierten Gummischlauch mit einem zweiten gebogenen Glasrohr verbunden, das durch einen Gummistopfen in eine mit n/10 Silbernitratlösung gefüllte Saugflasche tauchte: diese stand schliesslich mit einer Wasserstrahlpumpe in Verbindung. Das zweite längere Rohr wurde ebenfalls mit einer mit Silbernitrat beschickten Saugflasche verbunden, um die angesaugte Luft salzsäurefrei zu erhalten. Nachdem die Substanz und das Säuregemisch in den abgekühlten Kolben gefüllt waren, be-

[32]) F. W. Küster, Logarithmische Rechentafeln für Chemiker. Leipzig 1911. Tabelle 10, S. 42.

gann ich langsam zu erhitzen und die gebildeten Dämpfe abzusaugen; nach mehreren Stunden entfernte ich schliesslich die letzten Reste der Salzsäure- und Salpetersäuredämpfe durch energisches Kochen. Die n/10 Ag N $O_3$ Lösung wurde mit n/10 Rhodanammoniumlösung zurücktitriert.

Die so erhaltenen Werte, deren Durchschnittszahlen die Tabellen V und VI enthalten, stelle ich in den folgenden Tabellen zusammen. — Die hier angeführten Analysen peripherer Nerven vom Menschen habe ich oben nicht berücksichtigt, da es schwer gelingt, die Nerven von älteren Leichen, im Gegensatz zu lebendfrischen Präparaten frei von Bindegewebe zu erhalten, so dass die Resultate bei den kleinen Mengen, die mir zur Verfügung standen, nicht eindeutig werden konnten.

Tabelle VIII.

1000 g frische graue Substanz des Gehirns (Rinde) enthalten:

| | Mensch | | | | Rind | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | I | II | III | IV | I | II | III |
| Ca . . . . . | 0,106 | 0,095 | 0,112 | 0,110 | 0,146 | 0,118 | 0,133 |
| Mg . . . . . | 0,202 | 0,191 | 0,200 | — | 0,232 | 0,213 | 0,247 |
| P . . . . . | 2,64 | 2,42 | 2,47 | 2,14 | 2,55 | 2,62 | 2,47 |
| S . . . . . | — | 0,59 | 0,52 | 0,61 | 0,67 | 0,54 | 0,56 |
| Cl . . . . . | 1,08 | 1,13 | 1,19 | — | 1,35 | — | 1,11 |
| Na . . . . . | 1,09 | — | — | 2,98 | 0,76 | 1,33 | — |
| K . . . . . | 2,87 | — | — | 4,02 | 3,44 | 3,35 | — |
| Fe . . . . . | 0,061 | 0,059 | 0,053 | — | 0,052 | 0,044 | — |
| N . . . . . | — | — | 17,9 | 16,5 | — | — | 16,1 |
| $H_2O$ . . . . | 815 | — | — | 845 | 831 | 825 | 815 |

## Tabelle IX.

1000 g frische weisse Substanz des Gehirns enthalten:

| | Mensch | | | | Rind | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | I | II | III | IV | I | II | III |
| Ca | 0,146 | 0,138 | 0,140 | 0,151 | 0,180 | 0,147 | 0,161 |
| Mg | 0,390 | 0,225 | 0,211 | 0,216 | 0,386 | 0,435 | — |
| P | 4,25 | 4,27 | 4,08 | 4,12 | 4,29 | 4,42 | 4,27 |
| S | 1,03 | — | 0,91 | 0,83 | 1,02 | — | 0,95 |
| Cl | 1,58 | 1,40 | 1,55 | — | 1,69 | 1,85 | 1,74 |
| Na | — | 2,17 | — | 2,33 | 1,25 | 1,63 | — |
| K | — | 3,86 | — | 2,91 | 2,16 | 2,89 | — |
| Fe | 0,067 | 0,061 | 0,059 | 0,068 | 0,066 | 0,082 | — |
| N | 17,1 | — | 18,0 | — | — | — | 16,9 |
| $H_2O$ | — | 679 | 708 | 726 | 727 | 720 | 699 |

## Tabelle X.

1000 g frisches Kleinhirn enthalten:

| | Mensch | | | Rind | |
|---|---|---|---|---|---|
| | I | II | III | I | II |
| Ca | 0,100 | 0,112 | 0,098 | 0,135 | 0,121 |
| Mg | 0,140 | 0,186 | 0,284 | 0,221 | 0,233 |
| P | 2,50 | 2,74 | 2,48 | 2,71 | 2,95 |
| S | 0,67 | 0,53 | 0,62 | — | 0,72 |
| Cl | 1,14 | 1,02 | — | 1,41 | — |
| Na | 1,92 | — | 2,48 | 1,18 | — |
| K | 3,26 | — | 3,72 | 3,05 | — |
| Fe | 0,046 | 0,053 | — | — | 0,057 |
| N | — | 16,4 | 17,9 | — | 15,8 |
| $H_2O$ | 809 | 820 | — | 794 | 813 |

Tabelle XI.

1000 g frische Substanz enthalten:

| | Mensch | | | Rind | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Rückenmark | | Periphere | Rückenmark | |
| | I | II | Nerven | I | II |
| Ca . . . . . | 0,162 | 0,196 | 0,198 | 0,296 | 0,346 |
| Mg . . . . . | 0,320 | 0,441 | — | 0,457 | 0,508 |
| P . . . . . | 5,35 | 5,61 | 3,71 | 5,38 | 4,96 |
| S . . . . . | 0,85 | — | — | 0,93 | 1,14 |
| Cl . . . . . | 1,30 | 1,74 | — | 1,34 | 1,27 |
| Na . . . . . | 2,01 | — | — | 1,58 | 1,12 |
| K . . . . . | 3,61 | — | 3,95 | 2,31 | 2,94 |
| Fe . . . . . | — | 0,055 | 0,051 | — | 0,061 |
| N . . . . . | — | 15,9 | — | 14,5 | 14,8 |
| $H_2O$ . . . . . | 625 | 644 | 658 | 635 | 627 |

## Schlussfolgerungen.

Ich habe schon in der Zusammenstellung der einzelnen Elemente in Tabelle V und VI die wichtigsten Ergebnisse meiner Untersuchungen zum Ausdruck gebracht: Man muss die anorganischen Bestandteile der Nervensubstanz in zwei Gruppen teilen; auf der einen Seite Calcium, Magnesium, Phosphor, Schwefel und Chlor; auf der anderen Seite Natrium, Kalium und Eisen. — Die lebendfrischen Organe — Grau und Kleinhirn einerseits, weisse Substanz des Gehirns und Rückenmarks andererseits — enthalten die Elemente der ersten Gruppe in verschiedenen Mengen, dagegen gleiche Mengen der zweiten Gruppe. Berechnet man dagegen auf die wasserfreie Substanz, so ergibt sich, dass Zentralorgan und Nervenbahnen gleiche Mengen der ersten und verschiedene Mengen der zweiten Gruppe enthalten. Oder mit anderen Worten: Zentralorgan und Leitungsbahnen enthalten absolut gleiche Mengen von Ca, P, Mg, S und Cl; die Differenz in der elementaren anorganischen Zusammensetzung beider beruht nur

auf dem verschiedenen Wassergehalt, ist also nur eine Verschiedenheit der Konzentration. — Na, K, Fe dagegen sind in beiden in gleicher Konzentration, aber in verschiedenen absoluten Mengenverhältnissen vorhanden, ebenso wie der gesamte Stickstoff, wie ich vor kurzem zusammen mit Abderhalden[4]) und [5]) zeigen konnte.

Als zweites bemerkenswertes Resultat ergibt sich aus meinen obigen Tabellen V—VII die Aehnlichkeit zwischen der Asche des Menschen- und Rindergehirns und zwischen der weissen Substanz des Rückenmarks von Mensch und Rind. Die entsprechenden Nervensubstanzen enthalteu dieselben anorganischen Bestandteile, mit Ausnahme des Natriums, in denselben Mengenverhältnissen. Hieraus, sowie aus dem gleichen Stickstoffgehalt und aus der Aehnlichkeit im Gehalt an extrahierbaren Stoffen, die von Linnert[33]) nachgewiesen wurde, schliessen zu wollen, dass die chemische Zusammensetzung beider gleich sei, und dass die psychischen Differenzen durch die quantitativen Unterschiede im Verhältnis der Rinde, die beim Menschengehirn bedeutend stärker entwickelt ist, zur weissen Substanz zu erklären, ist selbstverständlich eine Utopie.

Drittens zeigen die Zahlen der Tabellen eine deutliche Uebereinstimmung in der absoluten Zusammensetzung von Rinde und Kleinhirn. Es mag dies wohl an der Art der Präparation liegen, da ich stets die Markfortsätze kurz abschnitt und hauptsächlich den Kleinhirnmantel verarbeitete. Die Aehnlichkeit zwischen der weissen Substanz des Grosshirns und der des Rückenmarks ist nicht weiter auffällig, da ja beide Leitungsbahnen sind.

---

[33]) K. Linnert, Vergleichende chemische Gehirnuntersuchungen. Biochemische Zeitschrift. Bd. 26, S. 44, 1910.

# Lebenslauf.

Am 3. X. 1887 wurde ich in Braunschweig als preussischer Staatsangehöriger geboren. Ich besuchte die Realschule in Seesen und die Oberrealschule I in Hannover bis zum Abiturientenexamen Ostern 1906. Zunächst studierte ich Veterinärmedizin an den Tierärztlichen Hochschulen München 3, Hannover 2 und Berlin 3 Semester, wo ich August 1910 das Staatsexamen bestand und im Mai 1911 zum Dr. med. vet. promovierte. — Dann widmete ich mich dem Studium der Humanmedizin in Halle 4 Semester und in Berlin 3 Semester, bestand das Vorexamen in Halle Ostern 1913, das ärztliche Staatsexamen in Berlin am 6. August 1914, erhielt meine Approbation am 27. März 1915 und bestand die mündliche Prüfung für den medizinischen Doktortitel am 19. Dezember 1916. Meine Lehrer während meines ärztlichen Studiums waren die Professoren: Abderhalden, Bier, Bonhoeffer, Bumm, Czerny, Flügge, Franz, Goldscheider, Greeff, Harnack, Hildebrand, Kraus, Krückmann, Orth, Passow, Roux, Schmieden, Schmidt, Veit. — Wissenschaftlich arbeitete ich unter Herrn Professor Abderhalden an den Physiologischen Instituten der Tierärztlichen Hochschule Berlin und der Universität Halle von Oktober 1910 bis 1913. — Im Herbst 1914 trat ich als Kriegsfreiwilliger in das Heer ein und wurde am 27. I. 1915 zum Veterinär befördert.

Die vorliegende Arbeit wurde vom März bis Juli 1913 im Physiologischen Institute der Universität Halle ausgeführt als Bewerbung um den Preis der medizinischen Fakultät, mit dem sie am 27. I. 1914 ausgezeichnet wurde.

Allen den Herren, als deren Hörer ich meine wissenschaftlichen Kenntnisse erwarb, bin ich zu Dank verpflichtet, insbesondere aber meinem hochverehrten Lehrer Herrn Professor Abderhalden, unter dessen Leitung ich die verschiedensten Gebiete der physiologischen Chemie bearbeiten durfte.